

STUDI ALTERNATIF GEDUNG TRANSMART MALL KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT BAJA-BETON

Muhammad Arinal Haq¹⁾, Warsito²⁾, Bambang Suprpto³⁾

¹⁾Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, email : arenalnal27@gmail.com

²⁾Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, email : warsito@unisma.ac.id

³⁾Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, email: Bambang.Suprpto@unisma.ac.id

ABSTRAK

Kota Malang merupakan kota dengan salah satu penduduk terpadat di Jawa Timur. Struktur perekonomian di daerah tersebut mayoritas mengarah pada pusat perbelanjaan. Ketersediaan lahan di kota semakin sempit menjadi alasan banyak bangunan vertikal didirikan di kota Malang salah satunya gedung Transmart Mall yang sebelumnya menggunakan beton bertulang konvensional, memiliki 6 lantai panjang bangunan 72m, tinggi bangunan 36m. Tugas akhir ini merencanakan ulang dengan konsep Struktur Komposit (Baja - Beton). Standar perencanaan yang digunakan yaitu SNI-1726-2012 Tentang Tatacara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 1727:2013, SNI 2847:2013, SNI 03-1726-2002. Perhitungan perencanaan struktur menghasilkan tebal pelat 125 mm untuk pelat lantai 1 s/d 6 tulangan Ø12-125 dan 125 mm untuk pelat lantai atap tulangan Ø10-125 ; dimensi balok anak WF 400.200.8.13 dengan M-maks = 21974,79 kgm ; dimensi balok induk WF 500.200.10.14 dengan M-maks = 62700 kgm ; kolom komposit dibungkus beton 60/60 cm dengan P-maks = 264768 kg M-maks = 95197 kgm, pondasi tiang pancang dengan poer pondasi 2,5m x 2,5m diameter Ø40 cm sebanyak 4 tiang dalam 1 pondasi jarak antar tiang 130 cm dan kedalaman 22,5 m. tulangan pondasi digunakan tulangan pokok Ø10 D-22 mm dan tulangan spiral D12-130 mm, daya dukung tiang berdasarkan SPT adalah 414,48 ton.

Kata Kunci: Struktur Komposit Baja-Beton, Studi Alternatif, Gedung Transmart Mall

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kota Malang merupakan salah satu kota dengan jumlah penduduk yang padat di daerah Jawa Timur. Struktur perekonomian di daerah tersebut mayoritas mengarah pada pusat perekonomian perbelanjaan. Perkembangan dunia perindustrian yang semakin pesat, menuntut pihak perusahaan untuk memperluas pembangunan tempat industri perbelanjaan yang dapat menunjang pertumbuhan ekonomi daerah dan meningkatkan SDM (Sumber Daya Manusia).

Sementara itu, ketersediaan lahan untuk tempat di kota tersebut semakin sempit. Oleh karena itu, kebutuhan akan sarana dan prasarana pendukung di kota tersebut sangat diperlukan salah satunya adalah kebutuhan akan pembangunan gedung-gedung yang terus meningkat, hal tersebut menjadi alasan banyak bangunan vertikal yang baru-baru ini didirikan di kota Malang salah satunya gedung Transmart Mall, gedung mall tersebut yang sebelumnya direncanakan menggunakan beton bertulang konvensional dengan tinggi bangunan 36.00 m dan panjang bangunan 72.00 m. Bangunan tersebut terdiri dari 6 lantai.

Pada dasarnya konstruksi beton bertulang mempunyai beban mati yang cukup besar, hal ini akan berdampak pada saat struktur menahan gaya gempa. Semakin besar

beban mati maka akan semakin besar pula gaya gempa yang harus ditahan, mengingat Kota Malang termasuk dalam kategori zona rawan gempa yang cukup tinggi menurut SNI 1726-2012. Oleh karena itu, perlu adanya perencanaan alternatif struktur gedung Transmart Mall Kota Malang dengan menggunakan struktur komposit baja-beton.

Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah maka penulis membatasi pembahasan dan merupakan masalah yang akan dibahas:

1. Berapa tebal dan penulangan pada pelat lantai ?
2. Berapa dimensi balok komposit baja-beton yang dibutuhkan sehingga mampu bekerja secara efektif ?
3. Berapa dimensi kolom komposit baja-beton agar mampu menahan beban aksial, beban kombinasi dan beban lentur ?
4. Berapa dimensi dan jumlah tiang pancang yang direncanakan serta dimensi pile cap yang direncanakan ?

Tujuan & Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dan manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Tujuan
 - a. Dapat mengetahui tebal, beban mati dan beban hidup pada pelat lantai.
 - b. Dapat mengetahui dimensi balok komposit baja-beton yang dibutuhkan sehingga mampu bekerja secara efektif.
 - c. Dapat mengetahui perhitungan kolom komposit baja-beton terhadap gaya aksial serta momen lentur.
 - d. Dapat mengetahui kekuatan daya dukung tiang pancang dan ukuran poer plat pondasi yang tepat sesuai beban yang dipikul.
2. Manfaat
 - e. Dapat mengetahui jumlah beban kendaraan yang sering melewati jalan yang akan direncanakan.
 - f. Agar semua pihak bisa menghitung perencanaan tebal plat perkerasan kaku (rigid pavement) .
 - g. Dapat mengetahui bagaimana untuk bisa merencanakan diameter tulangan yang cocok untuk di aplikasikan pada perencanaan perkerasan kaku (rigid pavement).
 - h. Mengetahui bagaimana menentukan dimensi yang tepat dalam merencanakan saluran drainase jalan.

TINJAUAN PUSTAKA

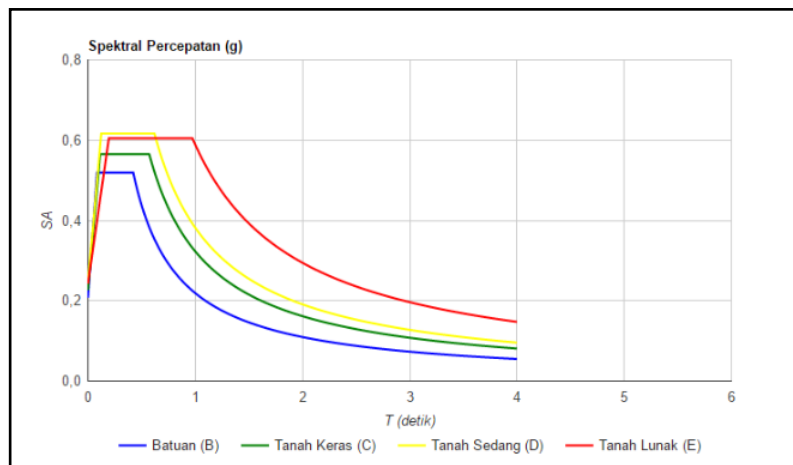
Tinjauan Umum

Pada awal tahun 1960 mulai dikembangkan penggunaan struktur komposit untuk bangunan gedung yang menganut pada spesifikasi yang dikeluarkan oleh AISC (American Institute of Steel Construction) pada tahun 1952. Komponen struktur komposit yang digunakan dapat berupa balok baja yang diselubungi beton atau balok baja yang menopang pelat beton tanpa penghubung geser.

1. Analisa Pembebanan
 - a. Beban mati
Beban mati adalah berat dari semua bagian suatu gedung atau bangunan yang

bersifat tetap selama masalayan struktur, termasuk unsur-unsur tambahan, *finishing*, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung atau bangunan tersebut.

- b. Beban hidup
Beban hidup adalah gravitasi yang bekerja pada struktur dalam masa layannya, dan timbul akibat penggunaan suatu gedung.
- c. Beban angin
Beban angin adalah beban yang bekerja pada struktur akibat tekanan-tekanan dari gerakan angin.
- d. Beban gempa
Beban gempa adalah semua beban stastik ekuivalen yang bekerja pada struktur akibat adanya pergerakan tanah oleh gempa bumi. Nilai spektrum respon desain juga dapat diketahui dengan menggunakan aplikasi desain spektra indonesia yang diakses melalui internet dengan membuka website Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman – Kementerian Pekerjaan Umum.



Gambar 1 Spektrum Respon Desain Wilayah Malang

(Sumber : puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011)

2. Kombinasi Beban

Berdasarkan SNI 1726:2012, struktur bangunan gedung dan non gedung dirancang menggunakan kombinasi pembebanan untuk metode tegangan ijin. Beban-beban di bawah ini harus ditinjau dengan kombinasi- kombinasi berikut untuk perencanaan struktur, komponen elemen struktur dan elemen-elemen fondasi berdasarkan metode tegangan ijin :

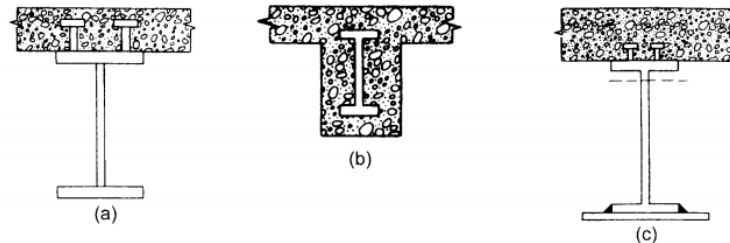
- a. D
- b. D + L
- c. D + (L_r atau R)
- d. D + 0,75L + 0,75(L_r atau R)
- e. D + (0,6W atau 0,7E)
- f. D + 0,75(0,6W atau 0,7E) + 0,75L + 0,75(L_r atau R)
- g. 0,6D + 0,6W
- h. 0,6D + 0,7E

3. Metode Load Resistance Factor Design

Berdasarkan metode LRFD, suatu struktur dikatakan aman apabila memenuhi syarat sebagai berikut :

$$\Phi R_n \geq \sum_i^y Q_i \dots \dots \dots (1)$$

Struktur komposit (Composite) merupakan struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Umumnya struktur komposit berupa :



Gambar 2 (a) Lantai Jembatan Komposit dengan Penghubung Geser, (b) Balok Baja yang diselubungi Beton, (c) Lantai Komposit Gedung dengan Penghubung Geser (Setiawan, Agus. 2008)

4. Kolom Komposit

Tata cara perhitungan kuat rencana kolom komposit diatur dalam SNI 03-1729:2002 pasal 12.3.2. Dalam pasal ini dinyatakan bahwa kuat rencana kolom komposit adalah:

$$N_u = \phi_c \cdot N_n \dots \dots \dots (2)$$

Dengan:

$$\phi_c = 0,85 \dots \dots \dots (3)$$

$$N_n = A_s \cdot f_{cr} = \frac{f_{my}}{\omega} \dots \dots \dots (4)$$

5. Perencanaan Sambungan

- Sambungan baut (Setiawan, Agus. 2008)

$$R_u = \phi \cdot R_n \dots \dots \dots (5)$$

- Tahanan baut geser

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_b^u \cdot A_b \dots \dots \dots (5)$$

- Tahanan tarik baut

$$R_n = 0,75 \cdot f_b^u \cdot A_b \dots \dots \dots (6)$$

6. Pondasi Tiang Pancang

- Daya dukung ijin tiang

Berdasarkan data N-SPT digunakan metode Meyerhoff

$$P_a = \frac{qc \times A_p}{FK1} + \frac{\sum li \cdot fi \times A_{st}}{FK2} \dots \dots \dots (7)$$

- Jumlah tiang yang diperlukan

$$n = \frac{\sum v}{N} \dots \dots \dots (8)$$

METODOLOGI PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Studi penelitian proyek ini terletak di Mall Transmart Jl. Veteran, Kota Malang.

2. Data Proyek

Nama Proyek : Pembangunan Pusat Perbelanjaan Gedung Transmart

Mall Kota Malang

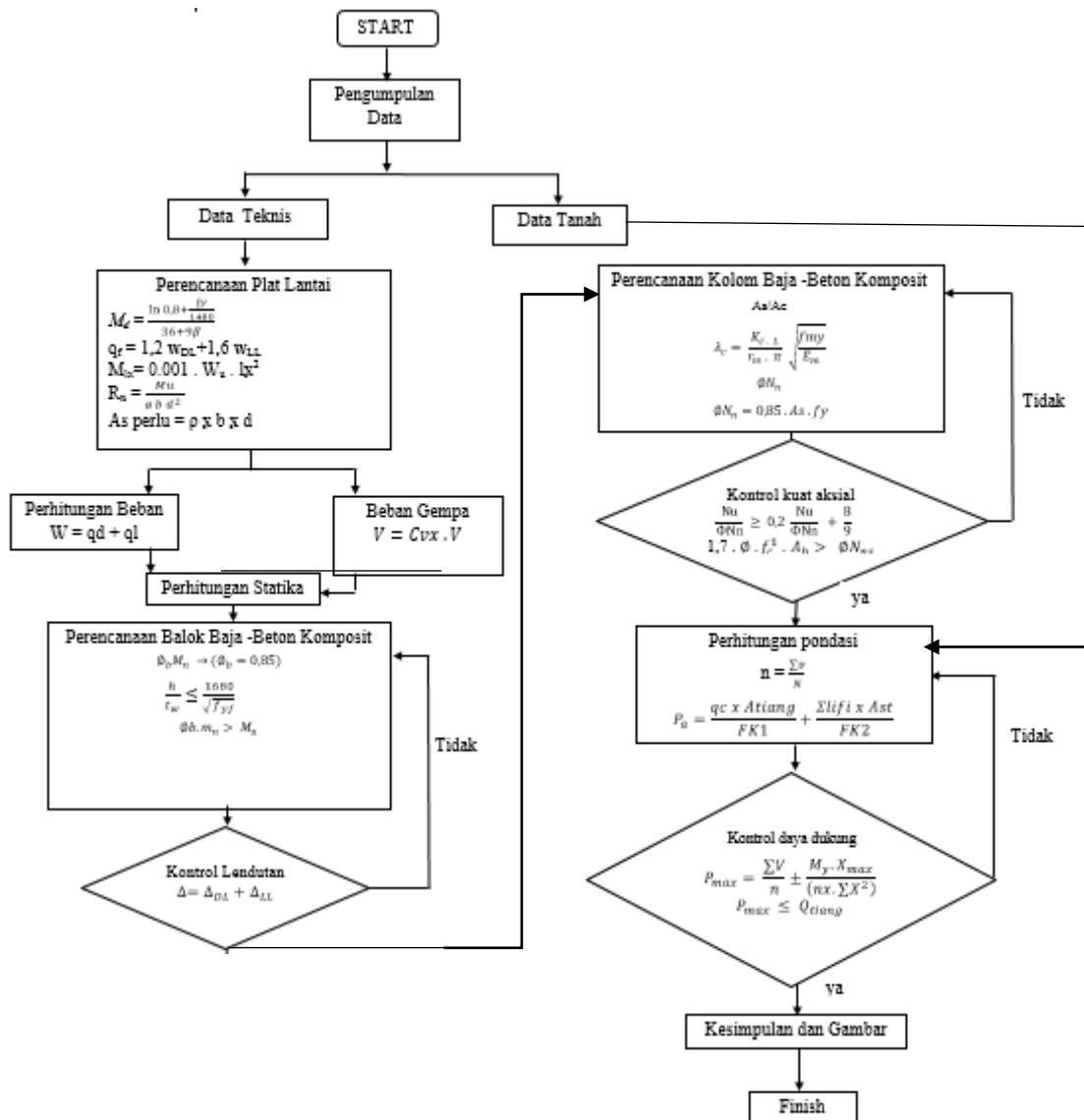
Fungsi Bangunan : Pusat Perbelanjaan

Jumlah Lantai : Enam Lantai
 Lokasi : Jl. Veteran Kota Malang – Jawa timur
 Ukuran Bangunan : Panjang : 72 m
 Lebar : 55 m
 Tinggi : 36 m

3. Metode Perencanaan

Pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Pada bagian ini diuraikan langkah – langkah perencanaan struktur gedung Transmart Mall yang ditampilkan dalam bagan alir kerja (flowchart). Untuk memudahkan pengerjaan tugas akhir “Studi Alternatif Gedung Transmart Mall Kota Malang Dengan Menggunakan Struktur Komposit Baja-Beton” maka dibuat diagram alur (Flowchart) tentang urutan perencanaan sehingga dapat memberi gambaran proses perencanaan secara berurutan dan sistematis.

Diagram Alir Penelitian



PEMBAHASAN

1. Data Perencanaan

- a. Lokasi Bangunan : Kota Malang
- b. Fungsi Bangunan : Gedung Perbelanjaan/Mall
- c. Konstruksi Bangunan : Sistem Struktur Komposit Baja-Beton
- d. Jenis Tanah : Tanah Lunak
- e. Jumlah Lantai : 6 lantai
- f. Lebar Bangunan : 55 m
- g. Panjang Bangunan : 72 m
- h. Tinggi Bangunan : 36 m
- i. Data Mutu Bahan :
 - a. Mutu Beton f'_c : 30 Mpa
 - b. Mutu Baja Polos f_y : 240 Mpa
 - Ulir : 390 Mpa

Perhitungan Pelat Lantai

Direncanakan: \emptyset tulangan = 10 mm

$L_y/L_x = 4,50/4,00 = 1,125 \sim 1,1$

Diketahui, Tabel Momen Tumpuan dan Lapangan Pelat Persegi: (Gideon H. Kusuma, 1993)

$$M_u = 0,001 \cdot q_f \cdot L_x^2 \cdot x$$

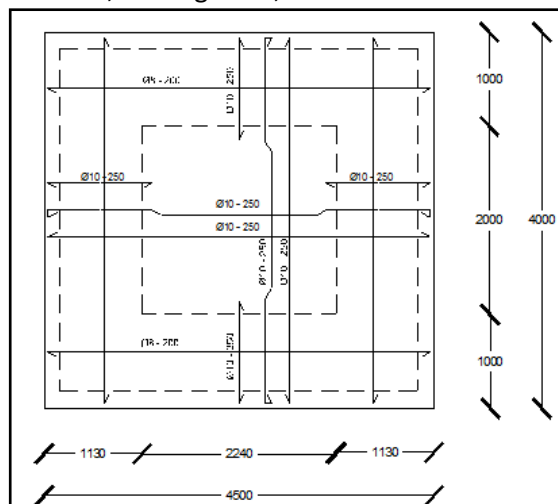
$$M_{lx} = 0,001 \times 835,344 \times 4,002 \times 25 = 333,7792 \text{ kgm} = 3,337792 \text{ KNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 835,344 \times 4,002 \times 21 = 280,3745 \text{ kgm} = 2,803745 \text{ KNm}$$

$$M_{tx} = 0,001 \times 835,344 \times 4,002 \times 59 = 787,7189 \text{ kgm} = 7,877189 \text{ KNm}$$

$$M_{ty} = 0,001 \times 835,344 \times 4,002 \times 54 = 720,9630 \text{ kgm} = 7,209630 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{ada}} &= \frac{1000}{125} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset \text{tulangan}^2 \\ &= \frac{1000}{125} \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2 \\ &= A_{s_{ada}} > A_{s_{perlu}} \end{aligned}$$



Gambar 3 Detail Pelat lantai

Perhitungan Balok Anak

Pemilihan profil BJ 37, $f_y = 370$ MPa (SNI 03-1729-2002, hal: 11)

Dipakai profil WF 400.200.8.13

(Tabel Profil Konstruksi Baja, hal: 20)

Dengan data penampang sebagai berikut:

W	$= 66 \text{ kg/m}$	h	$= 400 \text{ mm}$
b	$= 200 \text{ mm}$	t_f	$= 13 \text{ mm}$
t_w	$= 8 \text{ mm}$	r	$= 20 \text{ mm}$
A	$= 84,12 \text{ cm}^2$	I_x	$= 23700 \text{ cm}^4$
Z_x	$= 1190 \text{ cm}^3$		

Daya dukung *shear connector*

$$q_1 = \frac{d_1 \cdot S}{I_{tr}} = \frac{12207,82 \times 4572,59}{66006,83} = 845,691 \text{ kgcm}^1$$

$$q_2 = \frac{d_2 \cdot S}{I_{tr}} = \frac{9155,86 \times 4572,59}{66006,83} = 634,268 \text{ kgcm}^1$$

$$q_3 = \frac{d_3 \cdot S}{I_{tr}} = \frac{6103,91 \times 4572,59}{66006,83} = 422,845 \text{ kgcm}^1$$

$$q_4 = \frac{d_4 \cdot S}{I_{tr}} = \frac{3051,95 \times 4572,59}{66006,83} = 211,422 \text{ kgcm}^1$$

$$q_5 = \frac{d_4 \cdot S}{I_{tr}} = \frac{0 \times 4572,59}{66006,83} = 0 \text{ kgcm}^1$$

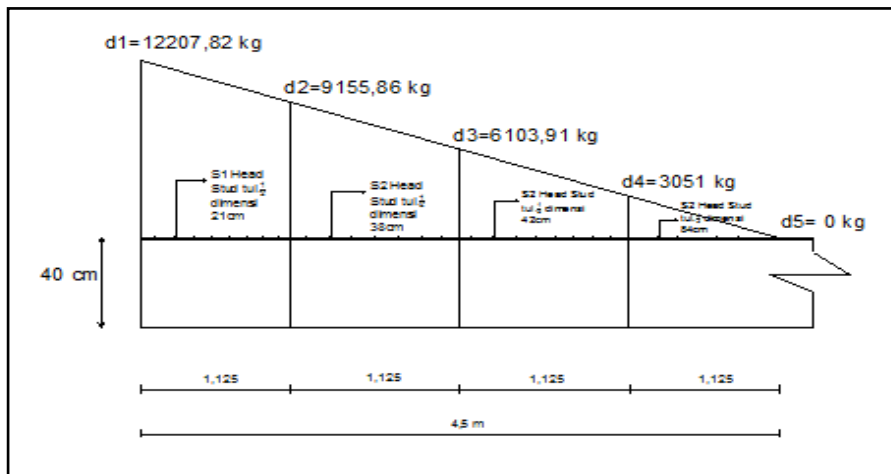
jarak antar *shear connector*

$$s_1 = Qn/q_1 = 17817,15/845,691 = 21,068 \text{ cm} \approx 21 \text{ cm}$$

$$s_2 = Qn/q_2 = 17817/634,268 = 28,091 \text{ cm} \approx 28 \text{ cm}$$

$$s_3 = Qn/q_3 = 17817/422,845 = 42,136 \text{ cm} \approx 42 \text{ cm}$$

$$s_4 = Qn/q_4 = 17817/211,422 = 84,273 \text{ cm} \approx 84 \text{ cm}$$



Gambar 4 Shear Connector

Analisa Beban Bangunan

Berat total bangunan

Tabel 1 Berat total bangunan

Lantai	Beban Mati (kg)	Beban Hidup (kg)	Berat Total (kg)
Atap	274863,16	42961,6	317824,768
6	397797,636	85923,2	483720,836
5	359797,788	85923,2	445720,988
4	321406,26	85923,2	407329,46
3	321406,26	85923,2	407329,46
2	321406,26	85923,2	407329,46
Σ			19432669

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 2 Berat bangunan per lantai

Lantai	Tinggi hi (m)	Berat Total (kg)	Wi . Hi (kgm)
Atap	36,00	317824,77	11441691,6
6	28,00	483720,84	13544183,4
5	20,00	445720,99	8914419,76
4	15,00	407329,46	6109941,9
3	10,00	407329,46	4073294,6
2	5,00	407329,46	2036647,3
Σ		2469255	46120178

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 3 Distribusi gaya gempa

Lantai	Hi (m)	Hi ^k	Wi (kgm)	Wi . Hi ^k (Kgm)	Cvx	Fi x - y (Kg)
Atap	36	43,06	2532542	13686909,90	0,223	85882,06
6	28	33,08	3674973	15999657	0,261	100393,99
5	20	23,23	3465974	10354868	0,169	64974,30
4	15	17,17	3253059	10837250	0,177	68001,13
3	10	11,22	3253059	7079837	0,115	44424,27
2	5	5,42	3253059	3419336	0,056	21455,51
Σ			3140240	61377861		385131,27

(Sumber: Hasil perhitungan)

Perhitungan Balok Induk

Berdasarkan hasil analisa 2D STAADPro pada *Beam No. 18* di tabel 4.14 hal. 133, diperoleh data sebagai berikut:

$$M_z / M_u = 29110,75 \text{ kgm} = 2911075 \text{ kgcm}$$

Pemilihan profil BJ 37, $f_y = 370 \text{ MPa}$ (SNI 03-1729-2002, hal: 11)

Dicoba profil WF 500.200.10.14

(Tabel Profil Konstruksi Baja, hal: 20)

Dengan data penampang sebagai berikut:

W	$= 79,5 \text{ kg/m}$	h	$= 500 \text{ mm}$
b	$= 200 \text{ mm}$	t_f	$= 14 \text{ mm}$
t_w	$= 10 \text{ mm}$	r	$= 20 \text{ mm}$
A	$= 84,3 \text{ cm}^2$	I_x	$= 41900 \text{ cm}^4$
Z_x	$= 1690 \text{ cm}^3$		

Perhitungan Kolom

Berdasarkan hasil analisa STAADPro pada *Beam No. 47*, diperoleh nilai maksimum sebagai berikut:

$$M_z / M_u = 95197 \text{ kgm}$$

$$N_u = F_x = 264768 \text{ kg}$$

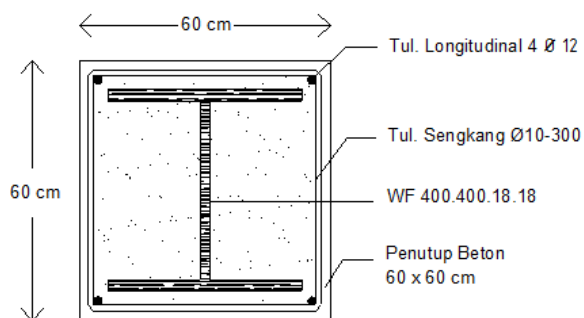
$$F_y (\text{Shear Along}) / V_u = 32362 \text{ kg}$$

BJ 37, $f_y = 370 \text{ mPa}$ (SNI 03-1729-2002, hal: 11)

Dicoba profil WF 400.400.18.18 (Tabel Profil Konstruksi Baja, hal: 21)

Dengan data penampang sebagai berikut:

W	$= 168 \text{ kg/m}$	h	$= 394 \text{ mm}$
b	$= 405 \text{ mm}$	t_f	$= 18 \text{ mm}$
t_w	$= 18 \text{ mm}$	r	$= 22 \text{ mm}$
A	$= 214,4 \text{ cm}^2$	I_x	$= 59700 \text{ cm}^4$
Z_x	$= 3030 \text{ cm}^3$		



Gambar 5 penampang kolom komposit

Perhitungan Sambungan

Dari hasil perhitungan analisa STAADPro diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4 Statika pembebanan staadpro

	Balok		Kolom	
No. Beam	4	5	47	55
Mu/Mz	35562 kgm	46390 kgm	95197 kgm	84538 kgm
Nu/Fx	1737 kg	3009 kg	264768 kg	223048 kg
Vu/Fy	8076 kg	2482 kg	32362 kg	33634 kg

(Sumber: Hasil perhitungan)

- Hasil perhitungan sambungan balok dengan kolom

Untuk menghitung kebutuhan jumlah baut yang dibutuhkan dipakai nilai kuat baut nominal yang terkecil yaitu $V_d = 7029 \text{ kg/baut}$

Kuat geser nominal untuk 1 baut

$$V_d = \phi_f \cdot V_n = \phi_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b = V_d = 0,75 \cdot 0,4 \cdot 8250 \cdot 2,84 = 7029 \text{ kg/baut}$$

Gaya tarik dan tekan akibat momen

$$C = T = (M_{u1} / 0,95 \cdot d_1) = 35562,52 / 0,95 \cdot 50 = 74867 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan

$$n = T / V_d = 74867 / 7029 = 10,6512 \sim 11 \text{ baut}$$

Sambungan untuk panjang las yang dibutuhkan $L_w = 59 \text{ cm}$ dan tebal las $t_e = 1,35 \text{ cm}$

- Hasil perhitungan sambungan balok anak dengan balok induk

Balok Anak Line D' 1-2 diperoleh dari perhitungan balok anak dengan data sebagai berikut:

$$M_u = 14721,09 \text{ kgm}$$

$$V_u = 9200,68 \text{ kg}$$

$$n = V_u / V_d = 9200,28 / 7029 = 1,3090 \sim 2 \text{ baut}$$

Sambungan untuk panjang las yang dibutuhkan $L_w = 0,63 \text{ cm}$ dan tebal las $t_e = 0,70 \text{ cm}$

Perhitungan Pondasi

Data klasifikasi pondasi tiang pancang yang digunakan sebagai berikut:

$$\text{Diameter tiang pancang} = 40 \text{ cm} = 0,40 \text{ m}$$

$$\text{Panjang tiang pancang} = 2250 \text{ cm} = 22,5 \text{ m}$$

$$\text{Mutu baja } f_y = 390 \text{ MPa} = 3900 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Mutu beton } f_c' = 33 \text{ MPa} = 3300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Daya dukung kekuatan bahan} = 414,48 \text{ ton}$$

$$\text{Daya dukung Kekuatan tanah} = 140,00 \text{ ton}$$

Dari perhitungan staadpro diperoleh gaya yang terjadi sebagai berikut:

$$P_u = 264768,87 \text{ kg} = 264,76 \text{ ton}$$

$$Mu = 95197,65 \text{ kgm} = 95,20 \text{ tonm}$$

Kebutuhan tiang (n)

$$N = Pu/P_{tiang}$$

$$= 264,76/140,002 = 1,89 \text{ direncanakan tiang pancang 4 tiang}$$

Dimensi penampang poer pondasi yaitu:

$$p = 2500 \text{ mm} = 2,5 \text{ m}$$

$$l = 2500 \text{ mm} = 2,5 \text{ m}$$

$$t = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$$

PENUTUP

Kesimpulan

1. Plat lantai 1 s/d atap digunakan ketebalan 12,5 mm dengan menggunakan tulangan $\phi 10-125$
2. Balok anak menggunakan profil WF 400.200.8.13 dengan $M_{maks} = 21974,84 \text{ kgm}$. Balok induk menggunakan profil WF 500.200.10.14 dengan $M_{maks} = 62700,61 \text{ kgm}$.
3. Kolom komposit menggunakan profil WF 400.400.18.18 dengan $Pu_{maks} = 264768 \text{ kg}$ dan $M_{maks} = 95197 \text{ kgm}$.
4. Pondasi yang digunakan berupa pondasi tiang pancang dengan ukuran poer pondasi 2,5 m x 2,5 m. Spesifikasi tiang pancang $\phi 40 \text{ cm}$ sebanyak 4 tiang dalam 1 pondasi dengan jarak antar tiang 130 cm dan kedalaman tiang 22,5 m dengan kekuatan daya dukung tanah 140,00 ton. Untuk tulangan pondasi digunakan tulangan pokok 10 D-22 mm dan tulangan spiral D12-130, dengan daya dukung tiang berdasarkan SPT 414,48 ton.

Saran

1. Perencanaan pelat lantai dapat menggunakan jenis pelat wiremesh.
2. Aplikasi yang digunakan dalam perencanaan portal dapat menggunakan aplikasi ETABS.
3. Pemilihan profil yang akan digunakan hendaknya disesuaikan dengan bahan yang ada dipasaran dengan mempertimbangkan mutu baja.
4. Perencanaan pondasi dapat menggunakan jenis pondasi sumuran dengan mempertimbangkan kondisi tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. *SNI 1729:2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2012. *SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- Gideon Kusuma, Vis W.C., 1993. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang Edisi Kedua Seri Beton 1*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Puskim, 2018. *Desain Spektra Indonesia*. (<http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desainpektraIndonesia2011/>, diakses tanggal 05 februari 2019).
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*, Penerbit Erlangga, Jakarta.